الفصل الخامس

# (الدارات المنطقية)

## 5-1- مقدمة:

تعتبر المكونات ثنائية الحالة (ON-OFF) التي تسمى عناصر منطقية Logical Elements أساس التكوين الداخلي للحاسبات الإلكترونية الرقمية، والنظم التي يتم تركيبها من العناصر المنطقية، تدعى نظم المنطق Logic Systems، أو الدارات (البوابات) المنطقية Logic Circuits. تصمم الدارات المنطقية من العناصر الإلكترونية (الثنائيات، الترانزستورات بأنواعها،...الخ)، وذلك بتقنيات تكنولوجية عالية ومتطورة، يتم من خلالها تنفيذه. هذه البوابات ضمن دارات رقمية منطقية (تستخدم المنطق الثنائي)، تدعى بالدارات الإلكترونية المتكاملة IC (Integrated Circuits)، وذلك بطريقة الحفر الضوئي ضمن شرائح إلكترونية نصف ناقلة.

يطلق أسماء عديدة على الحالة الثنائية التي تأخذها هذه العناصر منها حالة الصواب True وحالة الخطأ False، أو حالة التشغيل ON، وحالة التوقف OFF، أو الحالتان الثنائيتان 1]،[0 .

سيتم في هذا الفصل دراسة الدارات المنطقية، والأساس الرياضي المستخدم في تصميمها، والذي يعرف باسم جبر بول.

## 5–2– أساسيات جبر بول

عرّف عالم الرياضيات الانجليزي جورج بول 1838 جبراً قابلاً للتطبيق، يستخدم في دراسة المشاكل ذات الخصائص المنطقية التي تأخذ إحدى الحالتين 1]،[0 . وفي عام 1938 قام كلود شانون باكتشاف الخواص المفيدة لجبر بول، وتهيئتها لتصميم، وتحليل دارات التحويلات الإلكترونية، ومع تطور الحاسبات الإلكترونية فإن استخدام جبر بول في مجال الإلكترونيات، قد تزايد إلى الحد الذي أصبح مستخدماً الآن بصفة أساسية، في عمليات التصميم المنطقي للحاسبات الإلكترونية الحديثة. لذلك أصبح اسم **بول** مألوفاً بين علماء الرياضيات، والحاسبات. بالتالي فإن دوائر الحاسبات الإلكترونية الرقمية، هي النسخة الإلكترونية من معادلات جبر بول.

تتلخص المفاهيم الأساسية المستخدمة جبر بول التي استخدمت في الدارات المنطقية بما يلي:

**المتحول المنطقي:** وهو متحول يأخذ قيمته من إحدى قيمتين 0 ، 1 (خطأ، صح)، ونقول عن المتحولاتA،B ، C و ..... متحولات منطقية، يعني ذلك أن C ϵ {0، B،A}، 1}.

**التوابع المنطقية:** التابع المنطقي: هو تابع من n متحولاً منطقياً، ويأخذ قيمته من المجموعة {0، 1}. F(A1 A2،A3، ...، An) ϵ {0، 1} مع A1،A2، A3، ...، An متحولات منطقية. ومن ثم فالتابع معرف تماماً بـ $2^n$ تركيبة ممكنة لمتحولاته، ويسمى الجدول الممثل لـ $2^n$ قيمة للتابع بجدول الحقيقة للتابع.

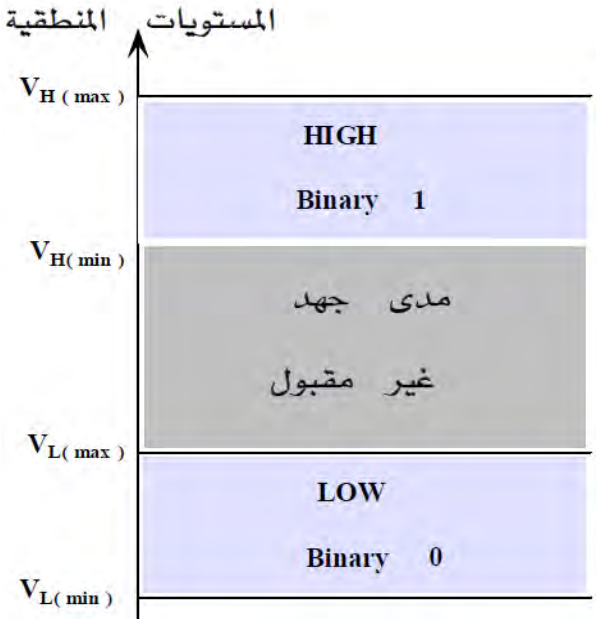
## 5-3- بوابات، ودارات المنطق الإلكترونية

## Electronic Logic Gates and Circuits

تتركب الحاسبات الرقمية، والعديد من الأجهزة الأخرى من أعداد ضخمة من دارات المنطق الرقمية Digital Logic Circuits، وتسمى دارات التحويلات الرقمية Digital Switching Circuits أيضاً. سبتم وصف الأجهزة المادية Physical Devices رياضياً بوساطة دوال (توابع) بوليان. وسيرمز للإشارات الداخلية بالحاسب بمتغيرات بوليانية، بينما سيرمز لأجهزة دوائر المنطق بمعاملات بوليانية (معاملات منطقية). وتسمى أجهزة دارات المنطق بوابات المنطق Logic Gates (وتعرف بأجهزة التحويلات Switching Devices أيضاً). وبوابات المنطق لها مخرج واحد يأخذ القيمة المنطقية 0، أو القيمة المنطقية 1، ويمكن أن يكون لها مدخل واحد، أو أكثر. في هذا الفصل سنتناول الأنواع المختلفة للبوابات المنطقية، ولكن قبل التحدث عن البوابات المنطقية لابد من الحديث عن المستويات المنطقية (الجهود) التي تعمل هذه البوابات في الدخل والخرج.

### ✓ المستويات المنطقية:

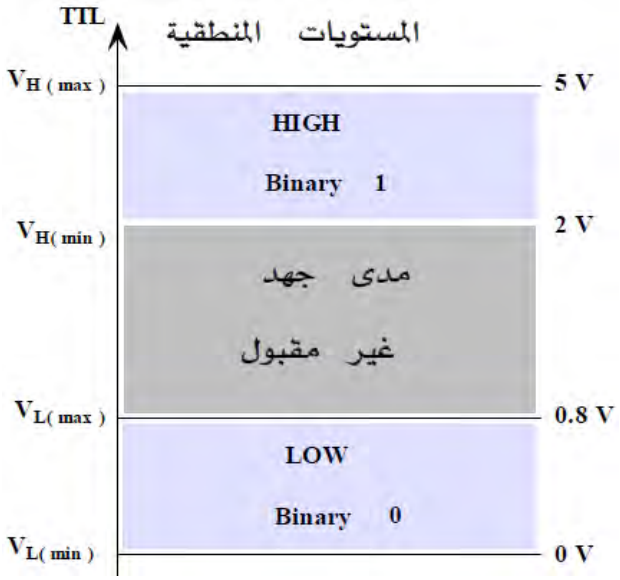
تسمى الجهود الكهربائية التي تمثل القيم المنطقية 1]،[0 بالمستويات المنطقية، ويمثل أحد المستويات المنطقية High، والمستوي الثاني يمثل Low. وفي الدارات المنطقية يدل المستوي High، على قسمة جهد كهربائي قيمته تتراوح بين قيمة محددة دنيا، وقيمة محددة عظمى، كذلك الأمر بالنسبة للمستوي Low، حيث لا يمكن أن يتداخل مجال مستوى High مع مجال Low، والشكل (3-1) يبين المستويات المنطقية مع مجال كل مستوي.




الشكل (1-5) المستويات المنطقية.

من الشكل السابق نرى أن جهد المستوي High، يتراوح بين $V_{H(Min)}$، و $V_{H(Max)}$، كما يتراوح المستوي Low بين $V_{L(Min)}$، و $V_{L(Max)}$، وتكون قيم الجهد بين $V_{L(Max)}$ و $V_{H(Min)}$، لأنها لا تمثل أي من الحالات المنطقية [ 1 ]،[ 0 ، بالتالي قيم الجهود في هذه المجال غير مستخدمة اطلاقاً.

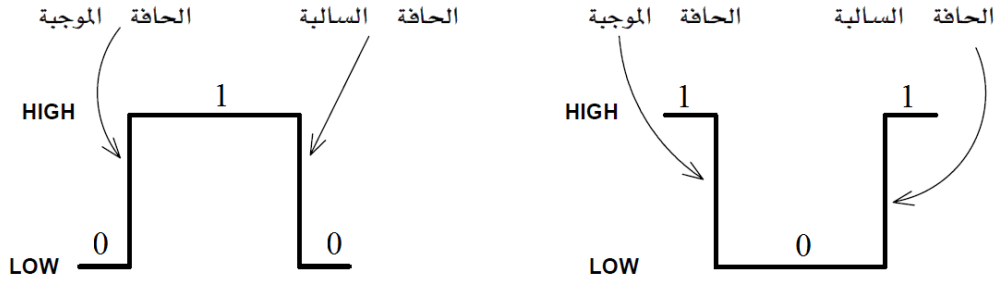
ومثال على المستويات المنطقية المستخدمة في الدارات المنطقية ما هو مستخدم في دارات (منطق) TTL، يكون مجال المستوي المنطقي High بين 2V و3V، ومدى المستوي Low بين 0V و0.8V، كما هو موضح في الشكل (2-5).




الشكل (2-5) المستويات المنطقية لمنطق TTL.

إذا تم استقبال إشارة رقمية في لحظة معينة، وكانت قيمتها 3.2V، فسيتم التعرف عليها، وكأنها مستوي High أي (1) منطقي، وإذا حصلنا على إشارة قيمتها 0.6V، فهي تعني المستوي Low، أو (0) منطقي، وكل ما هو أكبر من 0.8V، وأصغر من 2V غير مقبول، ولا يتم التعرف عليه.

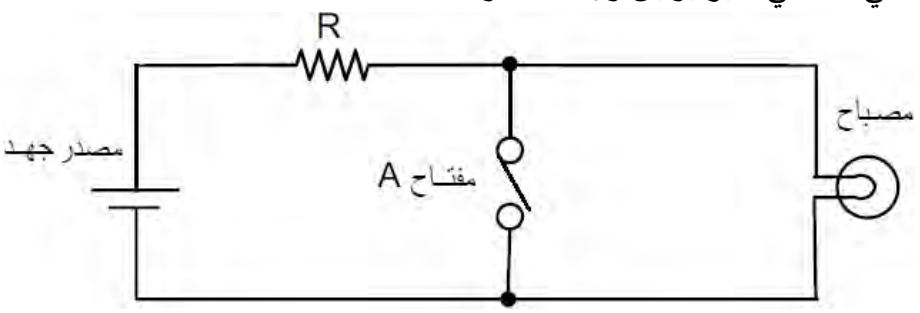
يتم تشفير الإشارات الرقمية (وفق نظم العد)، والتعبير عنها كمستويات منطقية عشوائية، يتم قراءتها من قبل التجهيزات، والدارات الرقمية من خلال نبضات رقمية وفق منطقين، المنطق الموجب، والمنطق السالب، حيث يعبر عن (1) منطقي في المنطق الموجب بنبضة تتغير من Low إلى High، و يعبر عن (0) بتغير قيمة النبضة من High إلى Low، والعكس صحيح بالنسبة للمنطق السالب، كما هو مبين في الشكل (3-3).




الشكل (3-5) النبضات المستخدمة في الإلكترونيات الرقمية للتعبير عن المستويات المنطقية وفق المنطق الموجب والسالب.

### 5-3-1- بوابة النفي (التابع العكسي) NOT Gate:

يمكن تمثيل بوابة النفي المنطقي، أو التابع العكسي بدارة كهربائية بسيطة، كما في الشكل (3-4)، تقوم هذه البوابة بعملية النفي المنطقي لجبر بوليان ولها مدخل واحد.




الشكل (4-4) دارة كهربائية تمثل بوابة النفي.

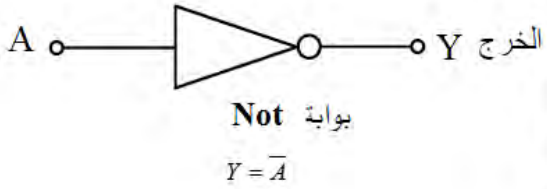
تمثل حالة المصباح خرج بوابة النفي المنطقي، فنلاحظ أن المصباح يكون في حالة العمل (الإضاءة)، والتي تمثل (1) منطقي على الخرج، عندما يكون المفتاح A مفتوحاً، والتي تمثل (0) منطقي على الدخل، وبمجرد إغلاق المفتاح A، والتي تمثل (1) منطقي على الدخل، يطفئ المصباح، وبذلك يمثل حالة (0) منطقي على الخرج.

الشكل (5-5) يبين رمز بوابة النفي (التابع العكسي) ، وجدول الحقيقة لبوابة النفي، أو المتمم، ويعبر عن التابع العكسي بالعلاقة التالية:

$$Y = \bar{A}$$

A: الدخل المنطقي للبوابة.

Y: الخرج المنطقي للبوابة.




| الخرج | الدخل |
|---|---|
| Y | A |
| 1 | 0 |
| 0 | 1 |

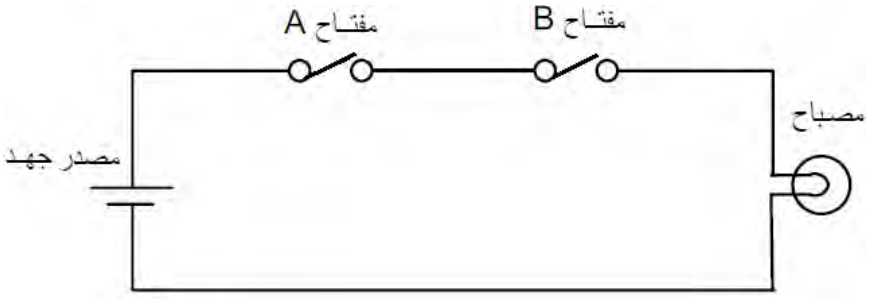
الشكل (5-5) رمز بوابة النفي مع جدول الحقية لها.

## 5-3-2- تابع التقاطع، أو الجداء المنطقي، (بوابة "و") AND Gate:

إن التابع المنطقي الذي يحقق بوابة الجداء المنطقي يمكن التعبير عنه بالعلاقة التالية:

$$Y = A.B.....N$$

تسمى العملية التي يقوم بها هذا التابع بـ AND، والدارة الكهربائية المنطقية التي تمثل بوابة AND مبينة في الشكل (3-6).



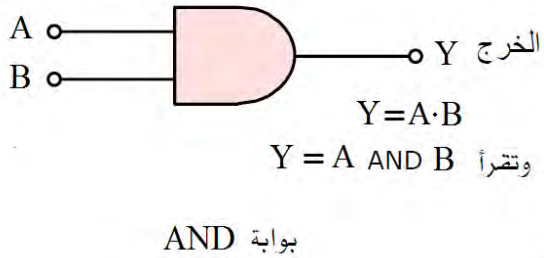

الشكل (6-5) دارة كهربائية منطقية تمثل بوابة الجداء AND.

في الدارة السابقة نلاحظ أن المصباح الذي يمثل حالة الخرج، يكون في حالة الإضاءة (ON) أي المستوي (1) منطقي في حال كان المفتاحان A و B اللذان يمثلان حالتي الدخل في حالة العمل (ON) وهي تمثل حالة (1) منطقي للدخل، وأي حالة للمفتاحين مخالفة للحالة السابقة سيكون المصباح مطفأ، أي (0) منطقي (OFF)، والجدول التالي يمثل الحالات الممكنة للمفتاحين A و B للدارة السابقة، وكذلك حالة الخرج، يدعى هذا الجدول بجدول الحقيقة Truth Table.

| الدخل | | الخرج |
|---|---|---|
| A | B | حالة المصباح |
| OFF | OFF | OFF |
| OFF | ON | OFF |
| ON | OFF | OFF |
| ON | ON | ON |

والشكل (7-5) يبين رمز بوابة الجداء المنطقي AND بمدخلين A و B، وجدول الحقيقة الممثل لعمل البوابة.

**ملاحظة:** يمكن أن تأخذ بوابة AND أكثر من مدخلين إلى N مدخل.




| الدخل | | الخرج |
|---|---|---|
| A | B | Y |
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

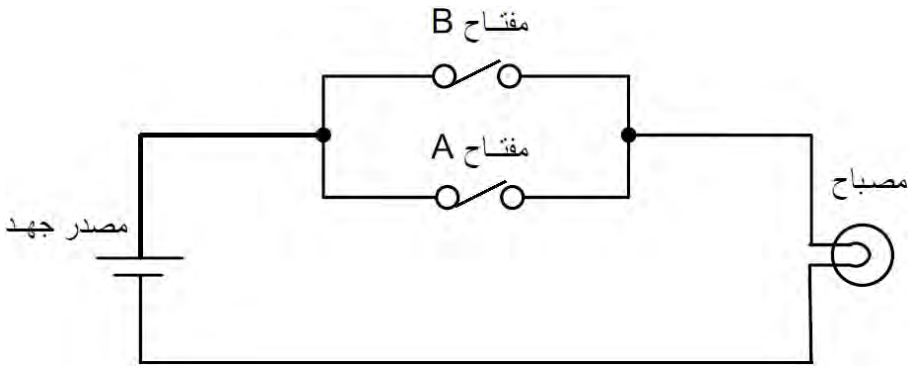
الشكل (5-7) رمز بوابة AND مع جدول الحقية لها.

### 5-3-3- تابع الاجماع أو المجموع المنطقي، (بوابة "أو") OR Gate:

تحقق هذا البوابة جدول الحقيقة الذي يعبر عنه بالتابع التالي:

$$Y = A + B + \cdots + N$$

وتُسمى العملية التي يقوم بها هذا التابع بـ OR، والشكل (5-8) يبين الدارة الكهربائية المنطقية الممثلة لعمل بوابة OR.

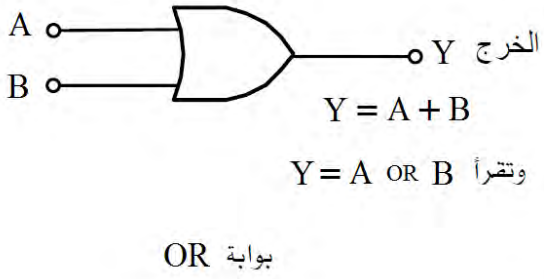



الشكل (5-8) دارة كهربائية منطقية تمثل بوابة الجمع OR.

من الشكل السابق نلاحظ أن الخرج (المصباح) يكون في حالة العمل ON التي تعبر عن المستوي المنطقي (1)، عندما يكون أحدى مفتاحي الدخل A، أو B، أو الأثنين معاً في حالة العمل ON التي تمثل حالة (1) منطقي للدخل، وفي حال كان المفتاحان A و B مفتوحين OFF حالة (0) منطقي للدخل، يكون الخرج في هذه الحالة فقط (0). والجدول التالي يبين حالة الخرج (المصباح) عند الحالات المختلفة للمفتاحين A و B.

| الخرج | الدخل | |
|---|---|---|
| حالة المصباح | B | A |
| OFF | OFF | OFF |
| ON | ON | OFF |
| ON | OFF | ON |
| ON | ON | ON |

والشكل (9-5) يبين رمز بوابة الجمع والتي لها مدخلان A و B، ومخرج واحد فقط، وجدول الحقيقة الممثل لها، لابد من الإشارة أن الجمع المنطقي، يختلف عن الجمع



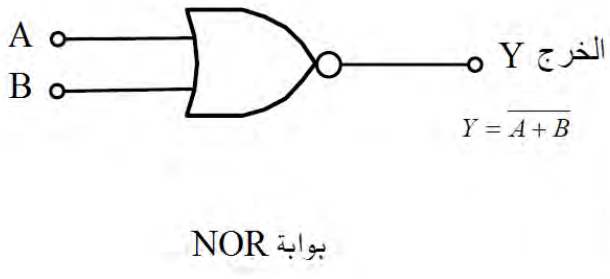

| الخرج | الدخل | |
|---|---|---|
| Y | B | A |
| 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

الثنائي بأنه لا يوجد حامل في الجمع المنطقي.

**ملاحظة:** يمكن أن تأخذ بوابة OR أكثر من مدخلين إلى N مدخل.

الشكل (9-5) رمز بوابة OR مع جدول الحقية لها.

### 5-3-4- تابع عكس الإجماع، أو المجموع المنطقي العكسي، NOR Gate:



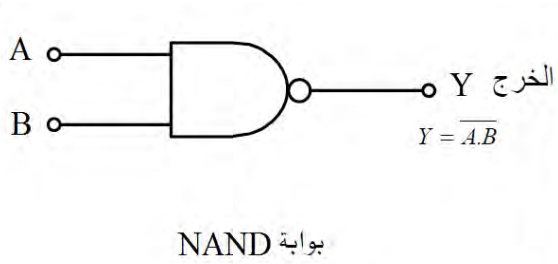

| الخرج | الدخل | |
|---|---|---|
| Y | B | A |
| 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 |

تتركب هذه البوابة من بوابة OR متبوعة ببوابة النفي NOT، وعمل هذه البوابة عكس عمل بوابة OR لذلك يطلق عليها NOR، الشكل (5-10) يبين رمز البوابة مع جدول الحقيقة والتابع عمل البوابة.

الشكل (5-10) رمز بوابة NOR مع جدول الحقية لها.

### 5-3-5- تابع عكس التقاطع، أو التقاطع المنطقي العكسي، NAND Gate:

عمل هذه البوابة بعكس بوابة AND، وتتركب من بوابة AND متبوعة ببوابة NOT، والشكل (5-11) يبين رمز بوابة NAND مع تابع العمل وجدول الحقيقة لها.



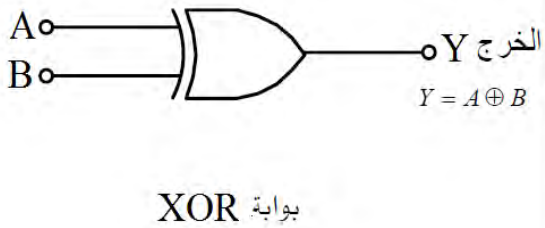

| الدخل | | الخرج |
|---|---|---|
| A | B | Y |
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

الشكل (5-11)

رمز بوابة NAND مع جدول الحقية لها.

### 5-3-6- تابع الاجتماع الاستثنائي، أو بوابة OR المنفردة، Exclusive OR:

تعطي هذه البوابة على خرجها (1) منطقي إذا اختلفت المدخلات، ويأخذ خرجها القيمة (0) منطقي عندما تتحد (تتفق) قيم المدخلات، وتسمى هذه البوابة بـ XOR. الشكل(3-12) يبين رمز البوابة مع تابع العمل المحقق لجدول الحقيقية.




| الدخل | | الخرج |
|---|---|---|
| A | B | Y |
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

الشكل (5-12) رمز بوابة XOR مع جدول الحقية لها.

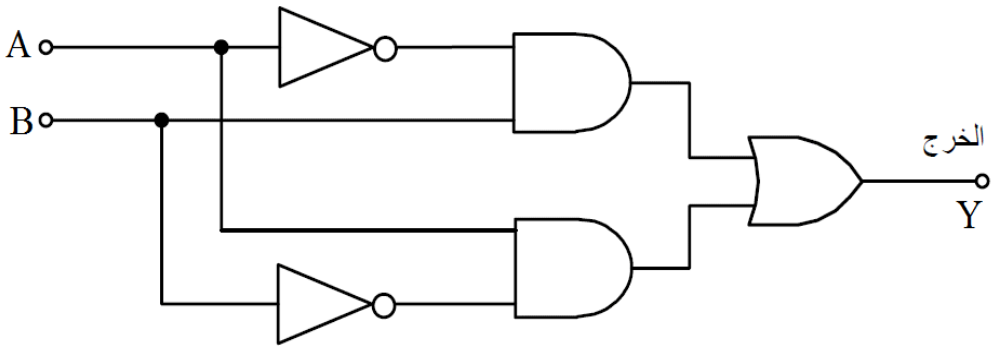
يعطى تابع عمل هذه البوابة بالعلاقة: $Y = A \oplus B$

أو بالشكل:

$$Y = \bar{A}.B + A.\bar{B} = (A + B).(\bar{A} + \bar{B})$$

يمكن تحقيق هذا التابع بطرق عدة، الشكل 5)،a ،(13- b باستخدام العمليات المنطقية الأساسية: (AND ، NOT)،OR

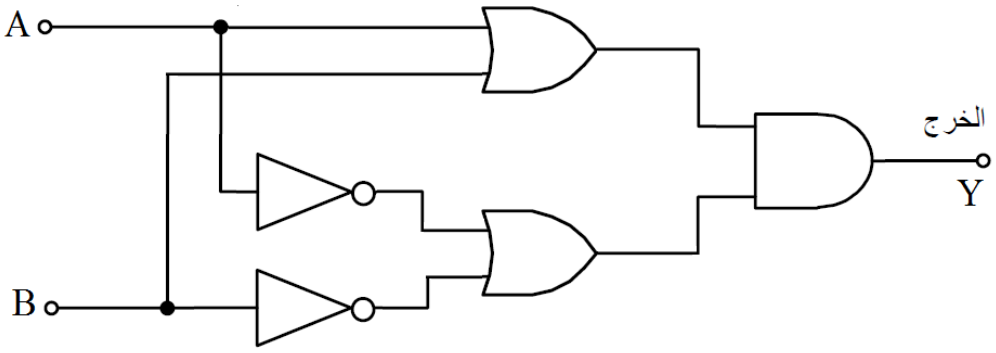
**الطريقة الأولى:** يكون الخرج $\bar{A}.B + A.\bar{B}$




الشكل 5) ،a-

(13تمثيل البوابة XOR باستخدام بوابة OR وبوابتي AND وبوابتي NOT.

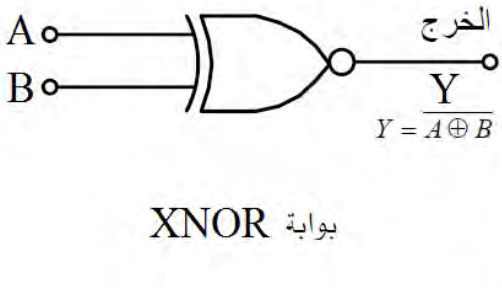
**الطريقة الثانية:** يكون الخرج $(A + B).(\bar{A} + \bar{B})$




الشكل 5) ،(13-bتمثيل البوابة XOR باستخدام بوابة AND وبوابتي OR وبوابتي NOT.

### 5-3-7- بوابة OR غير المنفردة، Exclusive NOR Gate:

تعمل بعكس بوابة XOR، فهي تعطي (1) منطقي عندما تتحد (تتفق) قيم المدخلات، ويأخذ خرجها القيمة (0) منطقي إذا اختلفت المدخلات، وتسمى هذه البوابة بـ XNOR. الشكل(14-5) يبين رمز البوابة مع تابع العمل المحقق لجدول الحقيقة.




| الخرج | الدخل | |
|---|---|---|
| Y | B | A |
| 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

الشكل (14-5) رمز بوابة XNOR مع جدول الحقية لها.

**اسئلة غير محلولة:**

**1**- متى يكون الخرج High لبوابة AND ذات ثلاثة مداخل A،B، C ؟

**2**- متى يكون الخرج High لبوابة OR ذات ثلاثة مداخل A،B، C ؟

**3-** أوجد إشارة الخرج الرقمية (النبضية) لبوابة NOT عندما يكون الدخل: A=10101110110111

**4-** أوجد إشارة الخرج الرقمية (النبضية) لبوابة AND بمدخلين A،B عندما يكون:

A=101011111011 B=111110000010

**5-** أوجد سلسلة النبضات الرقمية على خرج بوابة NAND بمدخلين A،B عندما يكون:

A=1010101010 B= 1010101010

**6**- استنتج جدول الحقيقة مع الخرج لبوابة XOR ذات ثلاثة مداخل A،B، C .

| إضافات مدرس المقرر |
| --- |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |